

University of Groningen

## A study of Galactic Bulge Planetary Nebulae

Ratag, Mezak Arnold

**IMPORTANT NOTE:** You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

*Document Version*

Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*

1991

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

*Citation for published version (APA):*

Ratag, M. A. (1991). A study of Galactic Bulge Planetary Nebulae. s.n.

**Copyright**

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

**Take-down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

## NEDERLANDSE SAMENVATTING — SUMMARY IN DUTCH

Planetaire nevels (afgekort PNs) vormen een kortdurende fase in het leven van het merendeel van alle sterren met oorspronkelijke massa tussen ongeveer 0.8 en 6  $M_{\odot}$ . Het is de allerlaatste fase waarin de energie nog wordt opgewekt door kernfusie, vóórdat het restant van de ster vervaagt en het stadium van de witte dwergen bereikt.

De PNs in de galactische bulge, die het onderwerp van dit proefschrift vormen, hebben twee voordelen ten opzichte van andere groepen van PNs. Ten eerste is de afstand bekend, en ten tweede kan de massa van de oorspronkelijke ster worden afgeschat. Deze fundamentele en belangrijke parameters zijn zeer zelden beschikbaar voor andere PNs. De groep van PNs in extragalactische systemen, waarvan de afstand wel nauwkeurig bekend is, hebben andere bezwaren ten opzichte van PNs in de bulge: ze zijn te klein zijn om de grootte te bepalen, en data van voldoende hoge kwaliteit is moeilijk te verkrijgen.

De studie van PNs in de bulge in dit proefschrift bestaat uit twee gedeelten. Het eerste deel behandelt al eerder ontdekte PNs (hoofdstukken 2 tot en met 6). Het voornaamste doel is om de abundanties van de nevels en de evolutie van de centrale sterren te bestuderen. Het tweede gedeelte beschrijft een nieuwe methode om meer PNs binnen  $15^{\circ}$  van het galactisch centrum te vinden (hoofdstukken 7 tot en met 9). De methode maakt voornamelijk gebruik van de fotometrische IRAS gegevens. Het belangrijkste doel is om de groep van bekende PNs representatiever voor alle PNs in dit gebied te maken. In beide gevallen is de studie gebaseerd op waarnemingen in verschillende golflengtegebieden: er wordt gebruik gemaakt van optische-, ver-infrarood- en radiogegevens.

In hoofdstuk 2 worden de abundanties van verschillende elementen bepaald, zoals helium, zuurstof, stikstof, neon, zwavel, argon en chloor, voor in totaal ongeveer 100 PNs in de bulge. Theoretische modellen voor de nevels worden gebruikt om door interpolatie de ionizatie-korrektiefactoren te vinden, die corrigeren voor de fraktie van atomen in niet-waargenomen ionizatiegraden. De modellen houden voor de energiebalans ook rekening met de ver-infrarood straling afkomstig van het stof in de nevel. Deze abundanties vormen de basis voor de discussie in de volgende hoofdstukken.

Hoofdstuk 3 gaat over de abundantieverdelingen, die worden besproken in het kader van stellaire en galactische evolutie. De belangrijkste resultaten zijn:

1. De gemiddelde abundanties van de bestudeerde elementen, met uitzondering van helium, stikstof en chloor, zijn 25% *lager* dan de overeenkomstige waarden in de zon. Helium en stikstof zijn beïnvloed door nucleosynthese and opwellingsprocessen in de ster, en chloor waarschijnlijk door onvolledige data.

De abundantieverdelingen zijn, met dezelfde uitzonderingen, gelijksoortig aan die voor PNs in de galactische schijf. De helium en stikstof abundanties in de bulge zijn systematisch hoger dan in de schijf, waarschijnlijk zowel door verschillen in oorspronkelijke abundanties, als door verschillen in verrijkingsmechanismen in de ster.

2. Behalve voor helium en stikstof, is de gemiddelde abundantie in de bulge twee tot drie keer lager dan verwacht uit extrapolatie van de abundantiegradiënten in de schijf. Dit suggereert dat PNs in de bulge een eigen groep vormen, en niet een uitbreiding van de schijf zijn zoals vroeger is geopperd.
3. Er zijn sterke aanwijzingen dat de evolutie van sterren in de bulge een initiële massa functie (IMF) vereist met verhoudingsgewijs meer lichte sterren dan in de omgeving van de zon. Mogelijk is ook een hogere frequentie van dubbelsterren nodig.
4. De stikstof-zuurstof abundantieverhouding in de bulge wijkt af van voorspellingen door theoretische modellen voor evolutie van sterren.

In hoofdstuk 4 worden de temperaturen en helderheden van de centrale sterren van zo'n honderd PNs in de bulge bepaald, met behulp van een methode die de energiebalans combineert met gedetailleerde modellen voor de nevel. Er wordt rekening gehouden met het stof in de nevel. We laten zien dat de meeste nevels optisch diep lijken te zijn voor ioniserende straling van de ster.

De posities van de centrale sterren in het HR-diagram kunnen nu nauwkeurig worden bepaald. Een vergelijking met theoretische scenarios voor deze evolutiefase laat grote verschillen zien:

- een groot aantal objecten (een derde van de total groep) bevindt zich in het theoretisch verboden gedeelte op lage helderheden;

- De leefretisch

Resultaten v  
schillende m

- (a) ev
- (b) ee
- (c) p

Het gebrek a  
wordt ook b

De relat  
massa tijde  
twee belang

- de cen  
massa
- er is g  
ster in

Vanwege d  
er geen uni

In hoo  
gebaseerd  
tussen 2 en  
ionen, nam  
bare frakti  
Vroeger v  
zwavel, da  
taten van  
excitatiekl

worden besproken in het  
ste resultaten zijn:

ementen, met uitzondering  
dan de overeenkomstige  
oed door nucleosynthese  
chijnlijk door onvolledige

onderingen, gelijksoortig  
helium en stikstof abun-  
de schijf, waarschijnlijk  
aties, als door verschillen

bundantie in de bulge twee  
an de abundantiegradiën-  
e een eigen groep vormen,  
eger is geopperd.

sterren in de bulge een  
gsgewijs meer lichte ster-  
ok een hogere frequentie

bulge wijkt af van voor-  
ie van sterren.

en van de centrale sterren  
van een methode die de  
voor de nevel. Er wordt  
ien dat de meeste nevels  
de ster.

m kunnen nu nauwkeurig  
enarios voor deze evolu-

l groep) bevindt zich in  
eden;

- De leeftijden van de nevels met heldere sterren zijn veel hoger dan theo-  
retisch verwacht.

Resultaten van vroegere onderzoekers worden hiermee bevestigd. We stellen ver-  
schillende mogelijke verklaringen voor:

- (a) evolutie van dubbelsterren met een gemeenschappelijke atmosfeer;
- (b) een hoger post-AGB massaverlies dan de Reimer's waarde die wordt  
aangenomen in theoretische berekeningen;
- (c) post-AGB sterren waarin de energie wordt opgewekt door middel van  
heliumverbranding in plaats van waterstof.

Het gebrek aan heldere centrale sterren met een kernmassa van meer dan  $0.6 M_{\odot}$   
wordt ook bevestigd.

De relatie tussen de oorspronkelijke massa van de ster en de uiteindelijke  
massa tijdens het planetaire nevelstadium wordt besproken in hoofdstuk 5. De  
twee belangrijkste resultaten van de waarnemingen zijn:

- de centrale sterren van de PNs in de bulge hebben een grote spreiding in  
massa, van meer dan  $0.1 M_{\odot}$ ;
- er is geen korrelatie tussen de abundanties van de nevel en de positie van de  
ster in het HR-diagram (of tussen abundanties en 'horizontale' helderheid).

Vanwege deze feiten, en ongeacht het preciese verloop van de stervorming, lijkt  
er geen unieke relatie te bestaan tussen oorspronkelijke en uiteindelijke massa.

In hoofdstuk 6 wordt de argon-abundantie in PNs besproken, grotendeels  
gebaseerd op de resultaten in hoofdstuk 2. Voor de nevels met excitatieklasse  
tussen 2 en 8 wordt de totale abundantie gedomineerd door de best waarneembare  
ionen, namelijk  $\text{Ar}^{2+}$  en  $\text{Ar}^{3+}$ . Voor lagere excitatieklasse bevindt een vergelijk-  
bare fraktie zich in ionizatiestaat  $\text{Ar}^{<2+}$ , en voor hogere klasse in staat  $\text{Ar}^{>3+}$ .  
Vroeger voorgestelde ionizatie-korrektiefactoren, gebaseerd op vergelijking met  
zwavel, dat een gelijksoortige ionizatiepotentiaal heeft, of op empirische resul-  
taten van een klein aantal nevels, zijn alleen geldig in een beperkt bereik van  
excitatieklasse.

In hoofdstuk 7 wordt een nieuwe methode beschreven om PN's te ontdekken, die gebruik maakt van ver-infrarood data van de IRAS satelliet en van radio waarnemingen. De resultaten van dit onderzoek, dat nog in voortgang is, worden in de hoofdstukken 8A, 8B en 9 voor een gebied aan de hemel binnen  $15^\circ$  van het galactisch centrum gepresenteerd. Er zijn radio waarnemingen voor 540 bronnen met IRAS kleuren die karakteristiek zijn voor PN's gedaan. In totaal zijn daarbij 158 nieuwe nevels gevonden.

De meeste nieuwe objecten vertonen eigenschappen die vergelijkbaar zijn met die van al bekende nevels. Een aantal vertoont echter een hoog infrarood excess (IRE). In de zonsomgeving betekent een hoog IRE altijd dat de nevel nog jong is, maar dit is niet het geval voor de bulge. We vinden een aantal nevels met hoog IRE, met hete ( $> 50,000$  K) sterren, en diameters karakteristiek voor oude nevels. Tot nu toe is er nog geen verklaring voor dit verschijnsel gevonden.

Groningen, 18 april 1991

CURRICULUM

Mezak Arno  
(Indonesia).  
1981). In A  
Education,  
months befo  
national un  
stitute of Te  
and passed  
a major in p  
was officiall  
the 'doctora  
June 1985 h  
ementary P  
From June 1  
Observatory  
tional Instit  
the Oversea  
for Research  
of Technolo  
writing this  
for either as  
for Astrono  
servatory St  
(VLA), New  
Radio Obser  
They have l  
Groningen.